

**Trench profile with vertical walls - formed by dry etching using ambient  
contg. ammonia to produce passivation layer on trench walls**

**Patent number:** DE4202447  
**Publication date:** 1992-07-30  
**Inventor:** CATHEY DAVID A (US)  
**Applicant:** MICRON TECHNOLOGY INC (US)  
**Classification:**  
- **international:** C23F1/02; C23F1/24  
- **european:** H01L21/308D2; H01L21/3065  
**Application number:** DE19924202447 19920129  
**Priority number(s):** US19910647152 19910129

**Also published as:**



JP4303929 (A)

**Abstract of DE4202447**

To etch trenches in Si substrate material, a chemical etch masking layer (15) is formed on the substrate and a pattern defined. Exposed regions are vertically etched while the etchant produces a N-rich deposited passivating the walls of the trench. Etchant used in the plasma-etching step pref. contains a halogen based material, pref. HCl or Cl<sub>2</sub>, HBr or Br<sub>2</sub>, HF, F<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub> or NF<sub>3</sub>. Si contg. cpd. deposited on the trench walls pref. contains SiCl<sub>4</sub>, SiBr<sub>4</sub>, SiF<sub>4</sub> respectively. Etching step is effected at 250 mTorr, pref. 100 mTorr. Passivation layer is deposited on the trench walls which contains NH<sub>3</sub> and a Si-cpd., pref. a tetra-halide.

USE/ADVANTAGE - Trenches with vertical walls and a rounded botton are obtd. which significantly reduces the breakdown of the dielectric layer formed inside the trench during further processing. Presence of the passivation layer gives good control of the etching process. Pref. etchant compsns. are SF<sub>6</sub>, NH<sub>3</sub> and Cl<sub>2</sub> or NF<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> and Cl<sub>2</sub>. Used in the mfr. of DRAMS or DRAMS.

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①0 **DE 42 02 447 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**C 23 F 1/24**  
C 23 F 1/02

②1 Aktenzeichen: P 42 02 447.1  
②2 Anmeldetag: 29. 1. 92  
④3 Offenlegungstag: 30. 7. 92

DE 42 02 447 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
29.01.91 US 647152

⑦1 Anmelder:  
Micron Technology, Inc., Boise, Id., US

⑦4 Vertreter:  
Boehmert, A., Dipl.-Ing.; Hoormann, W., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing., 2800 Bremen; Goddar, H., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat.; Liesegang, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.;  
Münzhuber, R., Dipl.-Phys., 8000 München; Winkler,  
A., Dr.rer.nat., 2800 Bremen; Tönhardt, M.,  
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München;  
Stahlberg, W.; Kuntze, W.; Kouker, L., Dr., 2800  
Bremen; Huth, M., 6228 Eltville; Nordemann, W.,  
Prof. Dr.; Vinck, K., Dr.; Hertin, P., Prof. Dr.; Brocke,  
vom, K., Rechtsanwälte, 1000 Berlin

⑦2 Erfinder:  
Cathey, David A., Boise, Id., US

⑤4 Verfahren zum Ätzen von Nuten in einem Silizium-Substrat

⑤7 Die Erfindung ist auf die Anwendung einer Ätzzusammensetzung Ammoniak und eine Überzugs-Zusammensetzung in Gasphase beim Silizium-Nutenätzen zum Erzeugen kontrollierter Nutenprofile in Silizium-Substraten gerichtet. Der Zweck des Hinzufügens von gasförmigem Ammoniak zu dem Gas-Plasma besteht darin Reaktionen im Gasplasma mit den freigelegten Seitenwänden zu erzeugen, was zur Bildung nichtflüchtiger Produkte führt, welche sich auf den Seitenwänden ablagern. Vorzugsweise wirkt das gasförmige Ammoniak als Passivierungsmittel und erzeugt in Kombination mit einer siliziumhaltigen Verbindung einen die genannte Ablagerung bewirkenden Passivierungsstoff zum Zwecke der Nutenprofilkontrolle.

DE 42 02 447 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie einen Ätzwerkstoff für das Ätzen von Silizium-Substraten, wie sie in Halbleitervorrichtungen oder dergleichen verwendet werden, und insbesondere zum Ätzen von Nuten oder Gräben in den Silizium-Substraten.

Bei der Herstellung von elektronischen Vorrichtungen aus Halbleiter-Werkstoffen ist das Aufbauen verschiedener Schichten aus unterschiedlichen Werkstoffen gefolgt vom Entfernen von Werkstoffen der verschiedenen Schichten in ausgewählten Abschnitte eine interessante Technik, wobei die genannten Schritte zu elektronischen Vorrichtungen wie Transistoren, Dioden, Kondensatoren und dergleichen führen. Eine Technik zum Entfernen von Schichten eines vorgegebenen Halbleiter-Werkstoffes ist als Ätzen bekannt, das im Entfernen von solchem Schichtwerkstoff aufgrund der Wechselwirkung mit einem anderen Werkstoff besteht, der allgemein als Ätzwerkstoff bezeichnet wird. Bei diesem Verfahren fallen die Ätztechniken beim Herstellen solcher elektronischer Vorrichtungen generell in zwei Haupt-Kategorien. Die erste wird als "Naß-Ätzen" bezeichnet, wobei ein Ätzen in einer Lösung geschmolzener Salze oder anderer Flüssigkeiten erfolgt. Die zweite ist als "Trocken-Ätzen" bekannt, was sich generell auf die Verwendung von Gasen oder Gas-Plasma bezieht, um das gewünschte Entfernen von Werkstoff zu bewirken.

Trocken-Ätz-Verfahren können für Mikro-Masken, Isoliernuten oder -Gräben, Rückseiten-Kontaktlöcher und andere Formen von Mustern auf Dünnschichten, Halbleiter-Substraten oder anderen Materialien eingesetzt werden. Trocken-Ätzen von tiefen Nuten in Silizium mit RIE-Plasma-, Magnetron-, Trioden- und ICR-Ätzsystemen können bei der Herstellung von Kondensatoren oder für die elektronischen Isolierungsbereiche in Halbleiter-Speichern angewendet werden. In einem derartigen Verfahren wird eine Nut oder ein Graben oft durch selektives Nuten-Ätzen in einer Silizium-Scheibe ausgebildet, und die Nut wird später durch thermische Oxidation des genutzten Abschnittes aufgefüllt, worauf ein Isoliermaterial, wie ein Polysilizium oder dergleichen hinzugefügt wird.

Trockenes oder anisotropisches Ätzen eines Silizium-Substrates zum Bilden tiefer Nuten ist aus dem Stand der Technik bekannt. Beispielsweise ist gemäß US-PS 47 26 879 ein reaktives Ionen-Ätzverfahren zum gesteuerten Ätzen von Halbleiter-Werkstoffen einschließlich Silizium-Vollmaterial und Silizid- und Polysilizid-Filmen, um vertikale Seitenwand-Profile zu erhalten.

Eine der wichtigsten Vorteile besonders des anisotropen Ätzens besteht darin, daß der Ätzvorgang im Silizium-Substrat-Werkstoff in einer Vorzugs-Vertikalrichtung im Gegensatz zu einer Horizontalrichtung durchgeführt werden kann, welche beim isotropen Ätzen vorherrscht. Dies ist von besonderer Bedeutung beim Nuten-Ätzen, welches speziell so gestaltet ist, daß die vertikale Tiefe in den meisten Fällen wesentlich größer als die Breite der Nuten ist. Dieser anisotropische Effekt wird durch Beschießen des Silizium-Substrates mit Ionen des Ätzgases senkrecht zur Substrat-Oberfläche erzielt.

Bei bekannten Nuten-Ätzverfahren zeigt der erzeugte Graben oft mit Schwierigkeiten behaftete, langgestreckte V-förmige Nuten oder Gräben wie bei 12a in Fig. 1 gezeigt, oder W-förmige Nuten oder Gräben 12b gemäß Fig. 2 in einem mit der Bezugszahl 10 bezeichneten

Silizium-Substrat. Die offenen Spitzen 13 der unerwünschten Konfigurationen gemäß den Fig. 1 und 2 erzeugen Überspannungen, welche letztlich zu Betriebsversagen aufgrund exzessiver Spannungs-Feldstärken führen. Die Gestalt der Nut oder des Grabens sollte also eine enge und tiefe Konfiguration mit im wesentlichen gleichförmigem Querschnitt, eine geradlinig oder sanft gekrümmt konturierten aufrechten Seitenwandabschnitt und einem im wesentlichen gerundeten Bodenabschnitt aufweisen, um in dem das Silizium-Substrat enthaltenden Produkt die Ausbildung von Überspannungen und infolgedessen das beschriebene Betriebsversagen zu vermeiden. Eine andere, mit dem Nutenätzen verbundene Schwierigkeit liegt in der Verengung oder Halsausbildung der oberen Nutenöffnung 18 des Silizium-Substrates 10, die in Fig. 3 mit der Bezugszahl 17 bezeichnet ist. Der Verengungs- oder Halsbildungseffekt schreitet bis zu einem Punkt fort, bei dem anschließend das Füllen der Nut mit Isolierwerkstoff nicht mehr wirksam erreicht werden kann. Dies kann zur Bildung einer funktionsunfähigen Halbleitervorrichtung führen, wenn eine vollständige Schaltung nicht gebildet werden kann.

Bestimmte Systeme nach dem Stand der Technik leiten in eine Reaktionskammer für das Nuten-Ätzen elementaren Sauerstoff in das Plasma ein, um oxidierte Silizium-Nebenprodukte zum Kontrollieren der Bildung der Nuten-Seitenwände und zum Erhöhen der Masken-Selektivität zu schaffen. Wenn jedoch Sauerstoff oder sauerstoffhaltige Verbindungen dem Silizium hinzugefügt werden, bildet sich Glas. Wenngleich dieses Glas die Seitenwände schützt, können die freien sauerstoffhaltigen Verbindungen, die zur Glasbildung eingesetzt werden, auch die unerwünschte Wirkung haben, die Photoresist-Schicht chemisch anzugreifen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und einen Ätzwerkstoff anzugeben, mit denen reproduzierbar und verlässlich Nuten oder Gräben in einem Silizium-Substrat mit kontrollierten Seitenwand-Profilen der beschriebenen Art geschaffen werden können, so daß Betriebsversagen aufgrund einer Überspannung oder aufgrund der Bildung unvollständiger elektrischer Schaltkreise vermieden werden kann.

Zur Lösung dieser Aufgabe dienen die Ansprüche 1 und 12.

Das Verfahren nach der Erfindung erfüllt die oben beschriebenen Bedürfnisse beim Nuten-Ätzen von Silizium-Substraten durch Bilden aufrechter Seitenwandabschnitte mit kontrolliertem Profil und schafft somit Nuten der erforderlichen Konfiguration. Die Gestalt des Nutengrundes, des offenen Nutenendes und der Seitenwände können chemisch mittels des Verfahrens nach der Erfindung gesteuert werden, bei dem die beim Nuten-Ätzen verwendeten Chemikalien mit Silizium zum Bilden beständiger Verbindungen reagieren.

Die Erfindung ist auf die Verwendung einer Ätz-Zusammensetzung, — Ammoniak und eine Überzugs-Zusammensetzung —, in Gasphase bei einem Silizium-Nutenätzvorgang gerichtet, um kontrollierte Nutenprofile zu schaffen. Der Zweck des Hinzufügens gasförmigen Ammoniaks zu dem Plasma besteht darin, Reaktionen des Gasplasmas mit in freigelegten Silizium-Substrat-Seitenwänden herbeizuführen, welche zur Bildung von nichtflüchtigen Produkten führen, die sich auf den Nuten-Seitenwänden ablagern. Vorzugsweise wirkt das gasförmige Ammoniak als ein Passivierungsmittel und veranlaßt in Kombination mit einer siliziumhaltigen Verbindung einen Passivierungsstoff zu der oben er-

wählten Ablagerung zum Zweck der Nutenprofil-Steuerung oder -Kontrolle.

Bei der Ausführung nach Fig. 4 ist die Nut 12 im Silizium-Substrat 10, die durch das Verfahren nach der Erfindung geschaffen wird, eng und tief und hat einen im wesentlichen gleichförmigen Querschnitt, im wesentlichen aufrechte Seitenwände 14 und einen im wesentlichen runden Boden 15'. Auf den aufrechten Seitenwänden 14 ist ein schützender, Silizium/Stickstoff enthaltender Überzug 16 abgelagert, der die erwähnten Konfigurations-Schwierigkeiten gemäß den Fig. 1 bis 3 zu überwinden hilft. Bei der Nut nach Fig. 3 ist eine Hohlstelle 19 oder eine nach einwärts auskragende Beulstelle im Wandelement 21 der Nut ausgebildet, welche eine zum Bodenabschnitt 13 hin zugespitzte V-Gestalt hat. Bei jeder Konfiguration nach den Fig. 1 bis 3 tritt eine Überspannung und infolgedessen Betriebsversagen aufgrund übergroßer Spannungs-Feldstärke in der Nut auf.

Ein anderes, oben beschriebenes Problem hängt mit dem Fehlen einer Profilsteuerung beim Ätzen der oben beschriebenen Nuten in einem Silizium-Substrat zusammen; es handelt sich um die Halsbildung an dem offenen Ende einer Nut (siehe die nach einwärts gekrümmten oberen Seitenwandabschnitte 17 in Fig. 3). Diese Schwierigkeit wird durch das Nuten-Ätzverfahren nach der Erfindung überwunden, welches eine Nutenkonfiguration mit im wesentlichen gleichförmig offener Querschnitts-Abmessung 18 ausgehend vom oberen offenen Ende 20 gemäß Fig. 4 über die ganze Länge der Seitenwände 14 aufweist.

Im einzelnen ist das Verfahren nach der Erfindung auf das Nuten-Ätzen u. a. in einem Silizium-Substrat gerichtet, um eine profilgesteuerte Nut zu schaffen. Für das Verfahren nach der Erfindung wird ein Silizium-Substrat mit Hauptflächen bereitgestellt. Dann wird eine chemische Ätzschutzschicht auf das Silizium-Substrat aufgebracht, und eine oder mehrere Öffnungen werden in der chemischen Ätz-Schutzschicht gebildet. Diese Öffnungen legen vorbestimmte Gebiete der Hauptfläche des Silizium-Substrates frei. Typisch bilden solche Öffnungen ein vorbestimmtes Masken-Muster, welches letztlich in den freigelegten Flächen der Hauptfläche geätzt wird.

Danach werden die freigelegten Flächen mit einem chemischen Ätzwerkstoff nutengeätzt, welcher eine Ätzzusammensetzung wie oben beschrieben enthält. Das Ätzen wird durch Entfernen von Silizium in einer im wesentlichen gesteuerten vertikalen Ätzebene von der ausgesetzten oder freigelegten Hauptfläche des Silizium-Substrates nach unten ausgeführt. Auf diese Weise wird eine Nut oder ein Graben in dem Silizium-Substrat vorbestimmter Tiefe ausgebildet, wobei die Bildung des Nutprofils so gesteuert wird, daß ein im wesentlichen gleichförmiger Querschnitt, im wesentlichen aufrechte Seitenwände und ein im wesentlichen abgerundeter Bodenabschnitt erzeugt werden. Die Nut wird in dem Silizium-Substrat unter Aufrechterhaltung einer Spannung unter Lastbedingungen erzeugt, welche unterhalb eines Niveaus liegt, welches eine übermäßige Spannungs-Feldstärke erzeugt. Somit wird ein Betriebsversagen des Silizium-Substrates aufgrund des Vorhandenseins von Nutenprofilen mit Hohlstellen in den aufrechten Seitenwänden oder mit zugespitzten Bodenabschnitten vermieden.

Der Ätzwerkstoff umfaßt eine chemische Ätz-Zusammensetzung, ein Passivierungsmittel und eine Überzugszusammensetzung. Die chemische Ätz-Zusammensetzung ist typisch ein halogenhaltiger Stoff. Vorzugs-

weise weist der halogenhaltige Stoff einen bromhaltigen Stoff wie HBr oder Bromgas, einen Chlor enthaltenden Stoff, wie HCl oder Chlorgas, einen fluorhaltigen Stoff aus der Gruppe HF, Fluorgas, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub> auf. Diese Stoffe können allein oder in Kombination miteinander eingesetzt werden. Chlorgas ist eine bevorzugte Ätz-Zusammensetzung, weil es eine exzellente Silizium-Ätzleistung zeigt. Fluorhaltige Stoffe, wie SF<sub>6</sub> und NF<sub>3</sub> sind stark reduzierende Mittel, welche hinzugefügt werden können, um die Ätzleistung durch Entfernen von Silizium-Verbindungen am Grund der Nut zu verstärken.

Jedenfalls vermeiden halogenhaltige Stoffe mit Halogengas als Ätzzusammensetzung die Schwierigkeiten, welche aus der Anwendung der meist üblichen gasförmigen Co-Ätzsysteme zum Bilden von Nuten-Seitenwänden resultieren, d. h. Chlorgas und elementarer Sauerstoff. Hierdurch kann Chlorätzen verzögert werden, wenn elementarer Sauerstoff die aktiven freien Chlor-Radikale bindet. Durch Vermeiden der Anwendung von elementarem Sauerstoffgas wird diese Schwierigkeit überwunden.

Ammoniak wird vorzugsweise als Passivierungsmittel dem Ätzwerkstoff zum Zwecke der Seitenwandpassivierung bei allen vorerwähnten Nuten-Ätz-Verfahren unter Anwendung halogenhaltiger Ätz-Zusammensetzungen zugesetzt. In einer Gasphasen-Silizium-Ätzumgebung reagiert Ammoniak mit Silizium-Halogen-Nebenprodukten zur Ablagerung von Silizium-Stickstoff-Materialien, welche die Wände der Nut schützen und zur Steuerung des Nutenprofils dienen.

Die Überzugszusammensetzung umfaßt eine Silizium enthaltende Verbindung. Die Silizium enthaltende Verbindung weist allgemein ein Silizium-Tetrahalid auf. Bevorzugte Silizium-Tetrahalid-Verbindungen umfassen SiBr<sub>4</sub>, SiCl<sub>4</sub> oder SiF<sub>4</sub>.

Eine weitere Eigenart des Nuten-Ätzverfahrens nach der Erfindung besteht darin, daß dieses bei einem relativ niedrigen Druck durchgeführt werden kann. Genauer gesagt kann das Nuten-Ätzen nach der Erfindung bei Drücken von nicht mehr als etwa 0,33 mbar (250 mTorr) ausgeführt werden. Vorzugsweise kann dieser Druck bei einem Niveau von nicht mehr als 0,13 mbar (100 mTorr), und noch mehr bevorzugt bei einem Niveau von nicht mehr als 0,065 mbar (50 mTorr) durchgeführt werden.

Beispiele für bevorzugte Nuten-Ätzsysteme sind Gasplasma-Nutenätzsysteme, in denen die in Gasphase vorliegenden Ätz-Stoffe SF<sub>6</sub>, NH<sub>3</sub> und Chlor oder alternativ NF<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> und Chlor enthält.

Die Erfindung ist im folgenden anhand schematischer Zeichnungen am Stand der Technik und an einem Ausführungsbeispiel mit weiteren Einzelheiten näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer in einem Silizium-Substrat einer Halbleitervorrichtung mittels eines bekannten Verfahrens eingetätzten Nut, wobei diese Nut hier am Boden eine im wesentlichen V-förmige Spitze aufweist;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer in Silizium-Substrat einer Halbleitervorrichtung mit einem bekannten Verfahren eingetätzten Nut, welche eine im wesentlichen W-förmige Spitze an ihrem Boden aufweist;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer in einem Silizium-Substrat einer Halbleitervorrichtung mit einem bekannten Verfahren eingetätzten Nut, wobei diese Nut eine im wesentlichen V-förmige Spitze an ihrem Boden und ferner an ihren hochstehenden Seitenwänden gestrichelt angedeutete Hohlstellen 19, nach einwärts vor-

tretende Beulstellen 21 und Engstellen 22 oder Halsbereiche 17 aufweist;

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer in einer Halbleitervorrichtung nach einem Verfahren gemäß der Erfindung eingetätzten Nut, welche eng, tief, und sanft gekrümmt konturiert ist, und im wesentlichen aufrechte Seitenwandabschnitte und einen im wesentlichen gerundeten Bodenabschnitt aufweist.

Gemäß Fig. 4 wird ein Silizium-Substrat 10 einer Halbleitervorrichtung zum Durchführen der Nuten-Ätzschritte nach der Erfindung angewendet. Beispiele eines Nuten-Ätzens bei Halbleiteranwendungen sind z. B. genutete Kondensatoren und Nuten für Isoliersegmente einer Halbleitervorrichtung. Produkte, in denen nutengeätzte Silizium-Substrate bei Halbleitervorrichtungen eingesetzt werden, umfassen sowohl statische als auch dynamische Direktzugriffsspeicher (RAM).

Das Silizium-Substrat 10 umfaßt obere und untere Hauptflächen 22, 24. Dabei wird im wesentlichen anisotropisches Ätzen vorzugsweise unter der Anwendung eines Gas-Plasma-Ätzsystems, für das Nutenätzen durchgeführt. Typischerweise wird das Nutenätzen in einem Ätzgebiet in Anwesenheit eines in Vakuum erzeugten Gasplasmas und innerhalb der Grenzen einer HF-Entladeeinheit durchgeführt. Dieses Gasplasma-Ätzsystem kann die Anwendung von ICR, Elektro-Cyclotron-Resonanz, PE mit reaktiven Ionen, Punkt-Plasma-Ätzen, magnetisch begrenzten PE-Verfahren oder Arbeiten mit Magnetron-PE-Technologie umfassen.

Bei dem Verfahren nach der Erfindung wird typisch ein Silizium-Substrat 10 in einem Ätzgebiet angeordnet, und die obere Hauptfläche 22 wird dann mit einem chemischen Ätzwerkstoff geätzt, um eine profilgesteuerte Nut bis zu einer vorbestimmten Tiefe zu ätzen.

Eine bevorzugte Art des Ätzens des Silizium-Substrates 10 besteht im Gasplasma-Nuten-Ätzen. Wie oben erläutert, wird eine allgemein mit 12 bezeichnete, profilgesteuerte Nut durch das Ätzverfahren nach der Erfindung erzeugt. Vor dem Durchführen des Ätzens wird eine chemische Ätzschutzschicht 15 auf die horizontale Hauptfläche 22 des Silizium-Substrates 10 aufgebracht. Die chemische Ätz-Schutzschicht 15 kann eine dielektrische (elektrisch nicht leitende) oder photoresistente Maske und eine oder mehrere Öffnungen in der Schicht 15 in einem vorbestimmten Muster aufweisen. Durch Bilden der Öffnung(en) in dem Silizium-Substrat 10 werden vorbestimmte Bereiche der Hauptfläche 22 freigegeben oder freigelegt. Durch das Nuten-Ätzverfahren nach der Erfindung wird Silizium aus den freigelegten Gebieten in dem Silizium-Substrat 10 in einer im wesentlichen vertikalen kontrollierten Ätz-Ebene von der Hauptfläche 22 des Silizium-Substrates nach unten entfernt. Auf diese Weise wird eine Nut oder ein Graben in dem Silizium-Substrat mit vorbestimmter Gestalt ausgebildet, wobei die Bildung des Nutenprofils so gesteuert wird, daß eine im wesentlichen gleichförmige Querschnittsfläche erzeugt wird. Ebenso werden sanft gekrümmt konturierte Seitenwandabschnitte 14 und ein im wesentlichen gerundeter Bodenabschnitt 15' geschaffen. Diese gewünschte Nutenkonfiguration in dem Silizium-Substrat, welches mit dem Ätzverfahren nach der Erfindung erzeugt wird, führt zu einem sehr bedeutenden Ergebnis. Im einzelnen wird bei Last-Spannungs-Bedingungen ein erwünschtes Spannungsfeldstärke-Niveau für optimalen Betrieb der Halbleitervorrichtung aufrechterhalten. Im Gegensatz dazu kann bei den Nutenprofilen der Konfigurationen gemäß den Fig. 1 bis 3 Betriebsversagen der entsprechenden Halb-

leitervorrichtungen die Folge sein. Der Ätzwerkstoff umfaßt eine chemische Ätz-Zusammensetzung und eine Überzugs-Zusammensetzung mit Ammoniak und einer siliziumhaltigen Verbindung. Vorzugsweise ist die Überzugszusammensetzung ein gasförmiges, Ammoniak enthaltendes Passivierungsmittel und ein festes, siliziumhaltiges Passivierungsmittel, wie beschrieben.

Die chemische Ätzzusammensetzung und die Überzugszusammensetzung sind beim Ätzen der Halbleitervorrichtung im wesentlichen in Gasphase.

Ein Silizium-Stickstoff-Werkstoff 16, der durch Interaktion des  $\text{NH}_3$ -Passivierungsmittels und des Silizium-Halogen-Ätzreaktionsproduktes gebildet ist, wird auf der gesamten äußeren Oberfläche der Nut 12 abgelagert. Jedoch wird dieses Material auch von den horizontalen Oberflächen durch Ionen-Beschießen des in Gasphase befindlichen Ätzwerkstoffes entfernt. Das Material schützt auch die aufrechten Seitenwandabschnitte 14 der Nut 12 und erleichtert die Kontrolle oder Steuerung des Nutenprofils. Auf diese Weise kann das Ätzverfahren für die Bildung von sauber konturierten, im wesentlichen aufrechten Seitenwandabschnitten und von einem im wesentlichen abgerundeten Bodenabschnitt dienen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Ätzen von Nuten in einem Silizium Substrat mit den folgenden Verfahrensschritten:  
Bilden einer chemischen Ätz-Schutzschicht (15) auf einer Hauptfläche des Silizium-Substrates;  
Formen einer oder mehrerer Öffnungen (12) in der Schutzschicht (15) und Freimachen vorbestimmter Bereiche der Hauptfläche des Silizium-Substrates und  
Ätzen der vorbestimmten Bereiche des Silizium-Substrates durch jede Öffnung mit einem Ätzwerkstoff und dadurch Entfernen von Silizium in einer im wesentlichen vertikalen kontrollierten Ätzebene unterhalb der freigemachten Hauptfläche des Silizium-Substrates, wodurch eine Nut einer vorbestimmten Tiefe in dem Silizium-Substrat ausgebildet wird, wobei die Erzeugung des Nutprofils so gesteuert ist, daß eine im wesentlichen gleichförmige Querschnittsfläche, im wesentlichen aufrechte Seitenwandabschnitte (14) und ein im wesentlichen gerundeter Bodenabschnitt (25) geschaffen werden, wobei der Ätzwerkstoff eine chemische Ätz-Zusammensetzung ist und eine Überzugs-Zusammensetzung mit Ammoniak und einer Silizium enthaltenden Verbindung aufweist, wobei das Silizium-Substrat nach dem Bilden der Nut eine Spannung unter Lastbedingungen unterhalb eines Niveaus hält, welches eine übermäßige Spannungsfeldstärke erzeugt, wodurch Betriebsversagen des Silizium-Substrates aufgrund des Vorhandenseins von Nutprofilen mit Hohlstellen oder Beulstellen in den aufrechten Wandabschnitten oder mit einem zugespitzten Bodenabschnitt vermieden wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die chemische Ätz-Zusammensetzung ein halogenhaltiger Stoff ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der halogenhaltige Stoff HCl oder Chlorgas enthält.
4. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der halogenhaltige Stoff HBr oder Bromgas enthält.
5. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der halo-

genhaltige Stoff ein fluorhaltiger Stoff aus der Gruppe HF, Fluorgas,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{NF}_3$  ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Silizium enthaltende Verbindung  $\text{SiCl}_4$  enthält.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Silizium enthaltende Verbindung  $\text{SiBr}_4$  enthält.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Silizium enthaltende Verbindung  $\text{SiF}_4$  enthält.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem das Nutenätzen bei einem Druck von etwa 0,33 m bar (250 mTorr) durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem das Nutenätzen bei einem Druck von etwa 0,13 mbar (100 mTorr) durchgeführt wird.

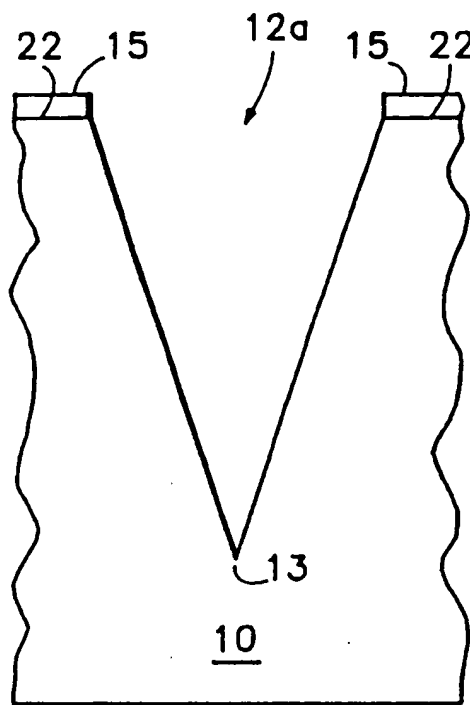
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem die Überzugs-Zusammensetzung mit Ammoniak und der Silizium enthaltenden Verbindung eine Passivierungs-Zusammensetzung enthält, die durch eine chemische Reaktion mit dem Silizium-Substrat eine an den Seitenwand- und Bodenabschnitten der Nut sich ablagernde Passivierungsschicht bildet.

12. Ätzwerkstoff für das Ätzen von Nuten in einem Silizium-Substrat zum Schaffen einer Nut mit kontrolliertem Profil in dem Substrat enthaltend eine chemische Ätz-Zusammensetzung und eine Überzugs-Zusammensetzung, welche Ammoniak und eine Silizium enthaltende Verbindung aufweist, wobei in dem Silizium-Substrat die Nut eingeformt ist und eine Spannung unter Lastbedingungen unterhalb eines Niveaus hält, welches eine übermäßige Spannungsfeldstärke erzeugt, wodurch Betriebsversagen des Silizium-Substrates aufgrund des Vorhandenseins von Nutprofilen mit Hohlstellen oder Beulstellen in aufrechten Seitenwandabschnitten oder aufgrund eines zugespitzten Bodenabschnittes vermieden wird.

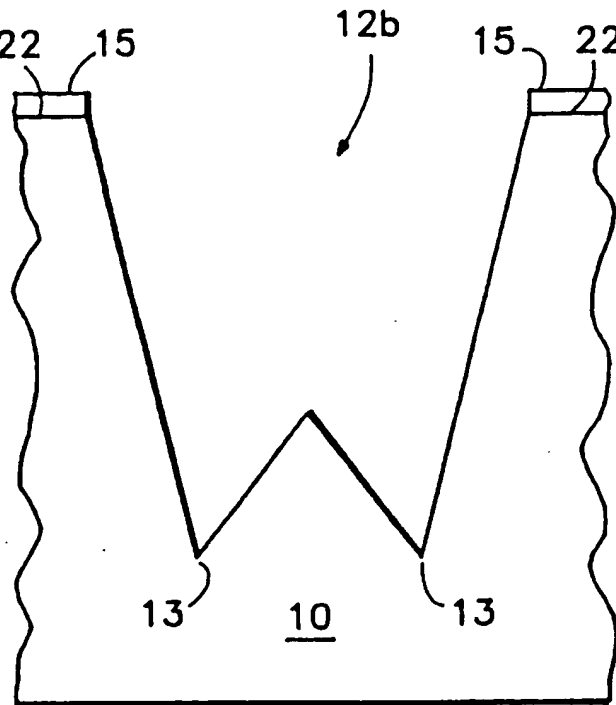
13. Ätzwerkstoff nach Anspruch 12, bei dem die Silizium enthaltende Verbindung eine Silizium-Tetrahalid-Verbindung aus der Gruppe  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{SiBr}_4$  und  $\text{SiF}_4$  ist.

14. Ätzwerkstoff nach Anspruch 12 oder 13, bei dem die chemische Ätz-Zusammensetzung ein halogenhaltiger Stoff aus der Gruppe HCl, Chlorgas, HBr, Bromgas, HF, Fluorgas,  $\text{SF}_6$  und  $\text{NF}_3$  ist.

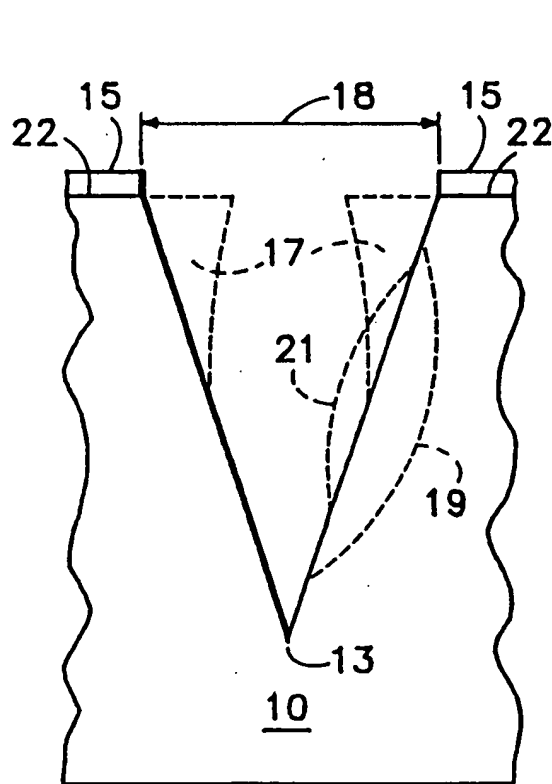
Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



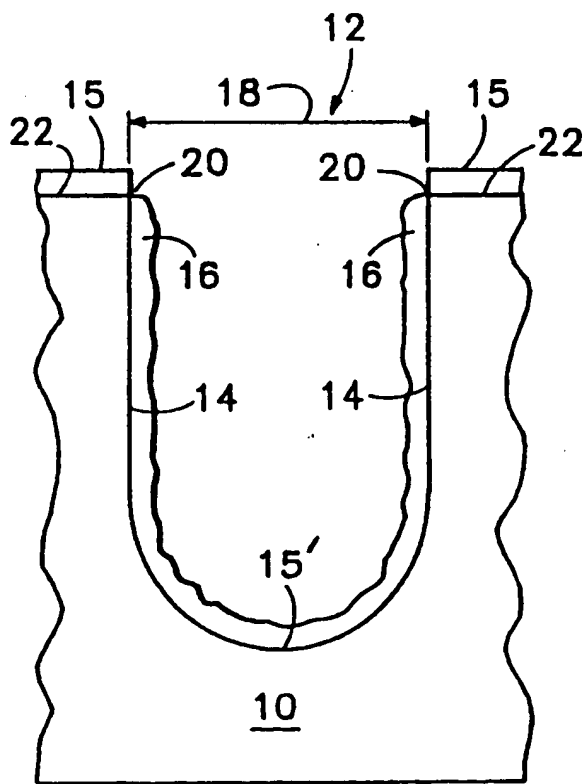
24 FIG. 1



24 FIG. 2



24 FIG. 3



24 FIG. 4